

Una arquitectura de ciclo de vida per al finançament de la infraestructura viària

Càrrecs de xarxa madura, peatges per nova capacitat, assignació regulada del trànsit i concessions asimètriques

XEMA GATNAU

Resum

La política de finançament viari sovint es presenta com una elecció entre accés gratuït finançat amb impostos i pagament permanent per ús. Aquest article sosté que aquest plantejament binari confon funcions econòmiques diferents. Finançar una xarxa ja construïda i substancialment amortitzada, recuperar la inversió en capacitat genuïnament nova i posar preu a la congestió són problemes diferents i no han de resoldre's necessàriament amb el mateix instrument. Es proposa una arquitectura de cycle de vida en què les xarxes madures d'alta capacitat es financen principalment mitjançant càrrecs generals d'accés, mentre que la nova capacitat es pot finançar amb concessions de peatge específiques de projecte. El model separa els costos no competitius o determinats administrativament —com l'adquisició forçosa de sòl— dels costos de construcció sobre els quals el concessionari pot exercir una gestió real. També estableix una seqüència procedimental explícita: preparació del sòl i dels costos regulatoris, adjudicació de la concessió, desenvolupament del projecte tècnic detallat i, finalment, subhasta separada del dret econòmic sobre els futurs recàrrecs dinàmics de congestió. Aquest darrer element és un mòdul opcional d'adequació de capacitat: la renda extraordinària d'escassetat no queda en mans del concessionari viari i una part calibrada del valor revelat a la subhasta pot carregar-se al mateix concessionari, incentivant-lo a dimensionar adequadament la via abans de construir. Una opció única de reoptimització del disseny permet revisar la configuració de carrils a canvi d'un cost no recuperable i repetir la subhasta. L'article desenvolupa igualment una concessió asimètrica amb durada ordinària, llindar superior de rendibilitat alt, referència de recuperació baixa però no garantida i durada màxima absoluta. Els components tenen precedents internacionals; la contribució potencial és integrar-los en una arquitectura coherent de cycle de vida i incentius. Les darreres seccions il·lustren el model amb el corredor de l'AP-7 a Catalunya.

Paraules clau: tarificació viària; concessions d'autopistes; monopoli natural; vinyeta; assignació de trànsit; peatges; concessions de termini flexible; taxa interna de rendibilitat; finançament d'infraestructures; col·laboració publicoprivada; AP-7; congestió; tarificació dinàmica; subhasta de renda de congestió; incentius de capacitat

Codis JEL: H54, H44, L92, R42, R48

Notació i abreviatures

L'article utilitza la notació següent. Les abreviatures també es desenvolupen en la primera aparició substantiva.

Símbol / sigla	Significat	Funció en l'article
PPP	col·laboració publicoprivada	Estructura contractual que combina autoritat pública i participació privada.
LPVR	Least Present Value of Revenue (mínim valor actual dels ingressos)	Mecanisme de concessió flexible que finalitza quan s'assoleix el valor actual d'ingressos contractat.
TIR / IRR	taxa interna de rendibilitat / internal rate of return; en el llindar superior, TIR acumulada de projecte no apalancada i abans d'impostos	Rendibilitat anualitzada del projecte des de l'inici fins a cada data de revisió; es recalcula periòdicament per activar l'extinció superior i exclou l'estructura de finançament i l'impost sobre societats.
CAPEX	inversió o despesa de capital	Despesa d'inversió, especialment construcció i grans actuacions de capital.
OPEX	despesa operativa	Despesa recurrent d'operació i manteniment.
NCF	flux net de caixa	Flux net admissible aplicat al saldo de recuperació.
PVR	valor actual dels ingressos	Valor descomptat d'un flux d'ingressos concessionals.
SMC	cost marginal social	Cost marginal privat més el cost extern imposat als altres usuaris.
E	xarxa existent / madura	Infraestructura que ha superat la fase inicial de finançament de projecte.
N	nova capacitat	Infraestructura genuïnament nova que requereix inversió fresca.
V	càrrec d'accés a la xarxa	Vinyeta o càrrec equivalent d'accés general a la xarxa madura.
Q, K	volum de trànsit; capacitat	Variables utilitzades en les condicions de congestió i capacitat.
α	quota de trànsit regulat	Part d'una categoria de trànsit assignada a la nova infraestructura.
T_0 ; $T_{\max}$	durada ordinària; durada màxima absoluta	Límits temporals de la concessió asimètrica.
r_U ; r_R	llindar superior de rendibilitat; taxa de referència de recuperació	Llindar alt d'extinció anticipada i referència baixa no garantida.
B_t	saldo regulat de recuperació	Inversió admissible més meritació de referència menys fluxos de recuperació.
τ_c	càrrec de congestió	Càrrec dinàmic o variable per gestionar capacitat viària escassa.
A	valor de subhasta del dret a la renda de congestió	Preu inicial ofert pel dret econòmic sobre els futurs recàrrecs de congestió admissibles.
λ	coeficient de contribució per adequació de capacitat	Percentatge o multiplicador que vincula l'aportació del concessionari al valor A.
ρ	coeficient de cost de reoptimització del disseny	Fracció utilitzada per calcular el cost no recuperable de reobrir el projecte tècnic després de la primera subhasta.
JEL	classificació del Journal of Economic Literature	Classificació temàtica estàndard dels articles d'economia.

Símbol / sigla	Significat	Funció en l'article
C_R, C_P, C_S	costos regulats/no competitiu; privats competitiu; compartits/contingents	Blocs de cost utilitzats per assignar riscos en la licitació.
P, S	prima concessional; subvenció pública	Variables alternatives de licitació segons si la franquícia té valor privat positiu o negatiu.
V_C	valor privat de la franquícia concessional	El signe determina si la licitació pot maximitzar una prima o minimitzar una subvenció.
p^B, p^C	peatge base; recàrrec dinàmic de congestió	Separa ingressos concessionals previsibles de la tarificació d'escassetat.
e_i	indicador d'elegibilitat del trànsit	Determina si la categoria d'usuari i queda subjecta al recàrrec dinàmic.
A*	valor de referència del dret de congestió	Llindar opcional per sota del qual no s'aplica contribució d'adequació.
D	cost no recuperable de reobertura del disseny	Cost d'exercir l'opció de reoptimització del projecte abans de construir.
NA, AI	no apalancat, abans d'impostos	Superíndex que identifica els fluxos i la TIR utilitzats en la prova dinàmica del llindar superior.

Estructura de l'article

L'article avança des de la descomposició econòmica i la teoria del monopoli natural fins a l'assignació de trànsit, les concessions flexibles, les salvaguardes jurídiques i una aplicació pràctica al corredor de l'AP-7.

1. Introducció

Una autopista pot ser molt cara de construir, relativament barata per acollir un vehicle addicional quan no està congestionada, costosa de mantenir al llarg de la seva vida útil i extremadament cara al marge quan apareix la congestió. Aquests fets descriuen problemes econòmics diferents.

Malgrat això, el debat públic tendeix a reduir el finançament viari a una qüestió binària: els automobilistes han de pagar peatge o les carreteres han de ser gratuïtes? Un punt de partida més útil és separar quatre funcions: recuperació del capital inicial, manteniment i renovació, finançament de nova capacitat i tarificació de congestió o externalitats.

Una autopista amortitzada no esdevé gratuïta en termes de cost. Ferms, ponts, drenatge, senyalització, policia i gestió del trànsit continuen exigint despesa. Però la persistència d'aquests costos no implica que el peatge original de recuperació de capital s'hagi de recrear indefinidament. Igualment, una autopista amortitzada però congestionada pot ser racionalment tarifada, tot i que la justificació seria el cost marginal de congestió i no una segona recuperació del cost històric de construcció.

L'arquitectura proposada tracta la infraestructura viària com un actiu que travessa fases econòmiques, i no com una carretera permanentment «gratuïta» o «de peatge».

nova infraestructura → finançament de projecte → amortització → xarxa madura

2. Descomposició econòmica d'una carretera

El cost de cicle de vida de la infraestructura viària es pot descompondre en inversió inicial, manteniment ordinari, operació, grans renovacions i costos externs. L'amortització afecta principalment el primer component.

Això introdueix una distinció important entre tarificació per recuperar capital i tarificació per mantenir la xarxa. Els usuaris poden continuar contribuint després d'amortitzar el capital inicial sense perpetuar la tarifa concessional original.

Noruega ofereix una intuïció institucional útil: la recaptació de peatges vinculada a un projecte concret normalment finalitza quan s'han retornat els préstecs corresponents o expira el període autoritzat. La carretera continua generant despesa, però l'instrument de finançament associat al projecte original té un final.

$$C = I + M + O + R + X$$

3. Capa I: la xarxa madura

Quan una carretera ha superat la fase inicial de recuperació de capital, pot tractar-se com a part d'una xarxa madura d'alta capacitat. En lloc de posar preu a cada trajecte, l'accés pot finançar-se mitjançant un càrrec general de xarxa.

Per als vehicles lleugers, un possible instrument és una vinyeta temporal. Suïssa n'ofereix l'exemple més conegut; Àustria combina una vinyeta general amb peatges separats en trams excepcionals. El punt conceptual és que l'usuari compra accés a una xarxa, no el pas per un projecte històric concret.

Per als usuaris recurrents, el cost mitjà d'accés per trajecte disminueix amb l'ús. Per als ocasionals, un sistema racional ha d'oferir productes de curta durada. El dret de la UE ja reflecteix aquesta preocupació en el tractament de les taxes temporals i la no-discriminació.

$$AC_V(q) = V / q$$

4. Capa II: capacitat genuïnament nova

Suposem que un corredor existent pateix congestió crònica i que afegir capacitat genera valor social net positiu. La nova infraestructura implica capital nou i, per tant, pot justificar un peatge específic de finançament del projecte.

No hi ha contradicció entre rebutjar un nou peatge de recuperació de capital sobre una autopista ja amortitzada i acceptar un peatge sobre capacitat genuïnament nova. Són actius situats en fases econòmiques diferents.

Quan la nova infraestructura completa la seva fase de finançament, el seu estatus institucional hauria de canviar: deixa de ser un actiu de finançament de projecte i entra a la xarxa madura.

$E \rightarrow$ règim d'accés a xarxa

$N \rightarrow$ règim de peatge de projecte

quan acaba el finançament: $N \rightarrow E$

5. Arquitectura de costos: despesa regulada, competitiva i contingent

La concessió ha de distingir els costos segons el grau de control i no simplement segons si són fixos o variables. La factura d'una expropiació pot variar materialment durant el procediment encara que el concessionari no tingui pràcticament cap capacitat de controlar-la. En canvi, materials, mètodes d'excavació, logística d'obra i solucions estructurals són camps on l'eficiència privada pot ser determinant.

Una descomposició útil separa costos regulats o no competitius C_R , costos privats competitius C_P i costos compartits o contingents C_S . La guia d'assignació de riscos de col·laboració públicoprivada (PPP) del Banc Mundial segueix el mateix principi general: cada risc s'ha d'assignar a la part que millor en pugui controlar la probabilitat, l'impacte o el cost d'absorció. L'adquisició de sòl sovint queda al sector públic, mentre que el cost ordinari de construcció i el risc d'acabament acostumen a recaure en el privat.

C_R pot incloure l'adquisició forçosa de sòl, el justipreu legal, determinades reposicions administratives i altres partides l'import de les quals depèn principalment del dret públic o d'un traçat definit per l'Administració. No cal que siguin costos literalment certs: és més correcte qualificar-los de determinats administrativament o no competitius. Quan l'Administració adquireix els terrenys abans de licitar, pot lliurar

el corredor sense risc d'expropiació al concessionari. Alternativament, aquest pot avançar imports certificats com a partida pass-through, sense marge industrial.

C_P ha d'incloure els costos que el concessionari i la constructora poden optimitzar realment: moviment de terres, materials, mà d'obra, sistemes estructurals, mètodes de túnel, logística, seqüenciació, compres i direcció de construcció. Aquí sí que té sentit que hi hagi benefici o pèrdua competitiva. Si una empresa eficient pot construir el mateix actiu complint els requisits per menys cost, l'estalvi ha de quedar normalment al costat privat, subjecte als límits de qualitat i rendibilitat del model.

C_S recull riscos realment mixtos: geologia extraordinària, serveis desconeguts, contaminació, troballes arqueològiques o modificacions imposades per l'autoritat. Requereixen assignació contractual expressa. Si, en canvi, un canvi de disseny proposat voluntàriament pel concessionari augmenta l'ocupació de sòl o genera noves expropiacions, el cost incremental pot passar racionalment de C_R a C_P perquè deriva d'una decisió privada de projecte.

$$C = C_R + C_P + C_S$$

$$C_R = \text{sòl} + \text{expropiació} + \text{obligacions determinades per l'autoritat}$$

$$C_P = \text{moviment de terres} + \text{materials} + \text{estructures} + \text{mà d'obra} + \text{gestió de construcció}$$

6. Seqüència de licitació i execució

L'ordre institucional és rellevant perquè el mecanisme posterior de congestió i capacitat ha d'avaluar un disseny tècnic ja concret i públic. Una seqüència estilitzada és la següent.

Fase	Procediment	Finalitat econòmica
1	Corredor públic i sòl	Definir corredor, objectius públics, pla d'expropiacions i embolcall de costos regulatoris. Quan sigui possible, adquirir o assegurar el sòl abans de licitar la concessió.
2	Licitació de la concessió base	Licitar el dret a construir i explotar sota les regles publicades de peatge base, assignació de trànsit i rendiment. Si la franquícia té valor privat positiu, la competència pot maximitzar la prima P pagada a l'Estat; si té valor negatiu, pot minimitzar la subvenció S demanada.
3	Projecte executiu detallat	El concessionari adjudicatari desenvolupa el pla tècnic: nombre de carrils per tram, enllaços, vorals, estructures, sistemes de seguretat, mètode constructiu i altres decisions dins l'embolcall públic de prestacions.
4	Aprovació i publicació tècnica	L'autoritat valida el compliment, publica el model de capacitat i congela el disseny per a la fase següent. S'identifiquen els trànsits obligatoris o protegits i la seva tarifa base previsible.
5	Subhasta condicional del dret de congestió	Una subhasta separada revela el valor de mercat A del dret econòmic sobre els futurs recàrrecs dinàmics de congestió admissibles amb aquell disseny. La subhasta és condicional fins que el concessionari accepta la contribució de capacitat o exerceix l'opció de revisió.
6	Decisió d'adequació de capacitat	El concessionari viari accepta el disseny i la contribució λA corresponent, o paga el cost no recuperable de revisió i reobre el projecte tècnic.

Fase	Procediment	Finalitat econòmica
7	Possible reoptimització del disseny	Si es reobre el projecte, el concessionari assumeix el cost de redisseny i de construcció addicional, l'autoritat torna a aprovar i publicar el pla i el dret de congestió es torna a subhastar.
8	Liquidació final i construcció	Un cop congelat el disseny, l'adjudicatari del dret de congestió paga A a l'Estat, el concessionari paga la contribució calibrada d'adequació, es produeix el tancament financer i comença l'obra.
9	Explotació	El concessionari cobra el peatge base ordinari. El recàrrec de congestió, determinat de manera independent per l'algorisme públic, pertany econòmicament al dret de renda de congestió subhastat separatament. El rendiment s'audita de forma continuada.

Aquesta seqüència evita que la subhasta del dret de congestió sigui una previsió abstracta deslligada de l'enginyeria. El que es valora és l'escassetat esperada d'un disseny concret i publicat. També impedeix que el concessionari modifiqui després els carrils, un cop conegut el valor de la congestió, sense assumir un cost per reobrir el projecte.

Si $V_C > 0$: l'adjudicació pot maximitzar P; si $V_C < 0$: pot minimitzar S

7. Monopoli natural a escala de corredor

Els corredors viaris solen presentar costos enfonsats elevats, indivisibilitats espacials, restriccions de sòl i economies de densitat. El monopoli natural rellevant pot existir, per tant, a escala de xarxa o corredor i no necessàriament en una sola calçada.

En aquest context, exigir diverses carreteres completament duplicades només per obtenir competència de manual pot ser ineficient. La competència pot produir-se pel dret a construir i explotar la infraestructura — competència pel mercat— mentre el corredor resultant continua sent un monopoli natural regulat.

Aquest article accepta, doncs, les característiques monopolístiques de la infraestructura però rebutja que la franquícia resultant s'atorgui sense disciplina competitiva.

$$C(Q) < C_1(Q_1) + C_2(Q_2) + \dots + C_n(Q_n)$$

8. El problema de l'alternativa gratuïta

Un problema central de finançament apareix quan nova capacitat de peatge ha de coexistir amb un substitut proper gratuït. Els usuaris comparen els seus costos generalitzats privats de viatge, inclosos temps, costos operatius i peatges.

Si la ruta gratuïta continua sent prou atractiva, la nova via pot rebre massa poc trànsit per recuperar la inversió encara que la capacitat addicional tingui valor social substancial. Les radials de Madrid són un advertiment clar: el trànsit real va quedar molt per sota de les previsions i la competència de l'extensa xarxa gratuïta va ser un dels factors.

La lliçó general és que el valor social de nova capacitat no implica automàticament viabilitat comercial sota elecció de ruta totalment lliure.

$$G_E = t_E(Q_E) + c_E$$

$$G_N = t_N(Q_N) + p_N + c_N$$

valor social de la capacitat $\neq$ bancabilitat voluntària del peatge

9. El trànsit és parcialment endogen a la regulació

El trànsit és incert, però no és completament exogen. Els governs determinen restriccions de vehicles, corredors de mercaderies, zones ambientals, límits de velocitat, disseny d'enllaços, rutes de mercaderies perilloses, reserves de carril i estructures tarifàries.

Per tant, la demanda que afronta una infraestructura és parcialment funció de l'arquitectura reguladora. Quan estigui justificat, l'autoritat pot determinar que una proporció del trànsit pesant de llarga distància utilitzi la nova infraestructura d'alta capacitat.

Col·loquialment això es pot descriure com «forçar trànsit», però el concepte econòmic més precís és assignació regulada del trànsit.

$$Q = f(Y, P, T, \mathcal{R}, \dots)$$

$$Q_N = Q_N^v + \alpha Q_H, \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

10. Quan és legítima l'assignació de trànsit?

El trànsit no s'hauria de redirigir simplement perquè un concessionari privat vol més ingressos. La seqüència correcta és objectiu públic de xarxa, regla de trànsit i, només després, conseqüències financeres.

Una regla defensable podria exigir que el transport pesant de llarg recorregut utilitzi una nova via d'alta capacitat perquè redueix l'exposició a accidents, treu camions de nuclis habitats, preserva carreteres convencionals poc adequades i millora la fiabilitat del corredor.

Una regla feble seria restringir la carretera antiga només per rescatar la previsió d'ingressos del concessionari. La distinció és entre una justificació independent d'interès públic i la creació artificial de renda monopolística.

Una prova estilitzada de benestar pot incloure beneficis de temps de viatge, seguretat, medi ambient, fiabilitat i preservació viària, menys el cost de la infraestructura, de la restricció imposada als usuaris i de l'administració.

$$\Delta W = B_T + B_S + B_E + B_R + B_P - C_I - C_U - C_A$$

l'assignació és justificable si $\Delta W > 0$ i la restricció és proporcional

11. Assignació de trànsit en la pràctica

El dret espanyol permet expressament que vehicles pesants, sota determinades restriccions de seguretat, fluïdesa o medi ambient, siguin obligats a continuar l'itinerari per una autopista de peatge, amb possibilitat de descomptes. El mecanisme s'ha aplicat efectivament.

Vehicles pesants van ser restringits en carreteres convencionals i desviats cap a l'AP-7 i l'AP-2 quan aquestes autopistes encara eren de peatge. En els acords de 2018, la restricció i el consegüent desplaçament del trànsit formaven part explícita del mecanisme compensatori.

Les normes catalanes actuals també obliguen, en general, els vehicles de mercaderies en trànsit de més de 7,5 tones a utilitzar autopistes i autovies, amb excepcions determinades.

El contraexemple és igualment important. El Cross City Tunnel de Sydney va ser polèmic, entre altres motius, perquè canvis en la xarxa superficial van ser percebuts com una manera artificial de canalitzar automobilistes cap a un actiu de peatge. Això mostra per què la regla de trànsit ha de tenir una justificació independent, ser transparent, proporcional i establerta ex ante.

12. Competència per la franquícia de monopoli natural

Un cop l'autoritat defineix l'arquitectura del corredor, el dret a explotar la franquícia de monopoli natural resultant pot adjudicar-se competitivament. Si una regla pública de trànsit augmenta el valor esperat de la concessió, la competència pot capitalitzar aquest avantatge en les ofertes.

La renda reguladora no ha de quedar necessàriament com un benefici extraordinari de l'operador. Es pot transformar en peatges més baixos, durada esperada menor, una prima inicial més alta pagada a l'Administració, menor subvenció requerida o obligacions de servei més exigents.

El mecanisme concret de licitació es deixa deliberadament per a un article complementari. El principi aquí és més limitat: l'escassetat reguladora s'ha d'assignar competitivament, no regalar administrativament.

13. Incertesa de demanda i feblesa dels terminis fixos

Fins i tot amb assignació regulada de trànsit, queda una incertesa considerable. L'activitat logística pot caure, les localitzacions productives poden canviar, el ferrocarril pot substituir carretera, els costos operatius poden augmentar i el trànsit voluntari pot decebre.

Un termini concessional rígid converteix directament la incertesa de trànsit en incertesa d'ingressos totals. Els errors de previsió poden generar tant beneficis extraordinaris com insolvència i renegociació.

Aquest problema motiva les concessions de termini flexible, que transformen una part del risc d'ingressos en risc de durada.

$$Q_N = Q_R + Q_V$$

trànsit regulat $\neq$ ingressos garantits

14. Teoria existent sobre concessions flexibles

Engel, Fischer i Galetovic van desenvolupar la formulació més influent mitjançant les subhastes de Least Present Value of Revenue (LPVR). Les empreses lliciten sobre el valor actual dels ingressos de peatge que necessiten i la concessió finalitza quan s'ha recaptat aquesta quantitat.

Un trànsit superior al previst escurça la concessió; un trànsit inferior l'allarga. Els terminis flexibles són, per tant, una idea establerta i no es reivindiquen com a innovació d'aquest article.

Vassallo també assenyala una crítica pràctica: els inversors poden resistir-se a esquemes que retallen fortament el potencial alçista mentre mantenen una part important del risc baixista. El model desenvolupat aquí conserva deliberadament una zona àmplia de rendibilitat empresarial ordinària i limita només els resultats extraordinaris.

$$\sum [R_t / (1+r)^t] \geq PVR^*$$

15. Literatura espanyola i connexió amb l'AP-7

Albalade i Bel van analitzar concessions d'autopista de termini fix i variable amb dades espanyoles. Les seves simulacions mostraven que una durada flexible hauria pogut escurçar substancialment concessions molt exitoses quan el trànsit superava les previsions, reduint tant els beneficis extraordinaris com el sobrepagament dels usuaris.

Bel i Fageda també van estudiar l'estructura desigual de finançament d'autopistes a Espanya, on infraestructures semblants han estat sotmeses històricament a peatges en uns territoris i finançades amb impostos en altres. Això és especialment rellevant per a Catalunya i el corredor mediterrani.

El model de cicle de vida es pot llegir en part com una resposta a aquests dos problemes: contractes rígids que sobrepremien trànsits inesperadament alts i règims territorials dependents de la trajectòria històrica.

16. Els límits de rendibilitat tampoc no són nous

Els mecanismes de rendibilitat màxima també tenen precedents. Les SR-91 Express Lanes de Califòrnia van operar sota una concessió amb límit de taxa de retorn i mecanismes de captura pública dels guanys excedents.

El mateix projecte mostra el perill de clàusules àmplies de no competència. Les restriccions sobre millores als carrils generals paral·lels van esdevenir polèmiques i l'autoritat pública acabà comprant la franquícia.

Per tant, un sostre de rendibilitat no és suficient. El contracte també ha de preservar la capacitat de l'Estat per gestionar la xarxa segons l'interès públic.

17. La concessió asimètrica proposada

La concessió proposada és diferent d'un contracte LPVR pur. Conté quatre paràmetres de disseny: una durada ordinària T_0 , un llindar superior de rendibilitat r_U deliberadament alt, una taxa de referència de recuperació r_R baixa i una durada màxima absoluta $T_{\max}$.

Els valors numèrics són il·lustratius i no teòricament fixos. Un exemple possible seria quaranta anys de període ordinari, un 15% com a llindar superior aplicat a la TIR acumulada de projecte, no apalancada i abans d'impostos, un 1% o tipus legal/públic com a taxa de referència de recuperació, i vuitanta anys de màxim absolut. La prova de rendibilitat és dinàmica: la TIR acumulada del projecte es recalcula al llarg de la concessió i pot activar l'extinció en el moment que s'assoleix el llindar.

La idea central no són les xifres exactes, sinó una estructura temporal en dues fases combinada amb un tractament asimètric dels resultats extraordinaris, tant a l'alça com a la baixa.

T_0 = durada ordinària

r_U = llindar superior de rendibilitat

r_R = taxa de referència de recuperació

$T_{\max}$ = durada màxima absoluta

18. El límit superior: èxit extraordinari

El llindar superior de rendibilitat es calcula mitjançant una taxa interna de rendibilitat (TIR) acumulada des de l'inici, no apalancada i abans d'impostos a nivell de projecte. Es recalcula periòdicament durant tota la concessió i no només al venciment final. Si aquesta rendibilitat anualitzada real arriba al llindar superior deliberadament elevat en qualsevol data de revisió, el dret específic de peatge s'extingeix automàticament en la versió base del model, o esdevé immediatament extingible per l'Administració en una variant amb opció pública d'extinció.

El llindar superior no és un objectiu, una rendibilitat garantida ni una taxa regulada ordinària. La seva funció és més estreta: evitar que un monopoli natural regulat conservi rendes extraordinàries perquè el trànsit va ser massivament infravalorat o perquè les condicions van resultar excepcionalment favorables. La prova pot activar-se, per tant, l'any 8, 17, 31 o qualsevol altre any de revisió; no cal esperar al final del període concessional ordinari.

Entre la referència baixa de recuperació i el sostre alt hi ha una zona àmplia de rendibilitat comercial ordinària on el concessionari conserva l'upside empresarial.

$TIR_t^*(NA, AI) = TIR(CF_0^*(NA, AI), \dots, CF_t^*(NA, AI)); TIR_t^*(NA, AI) \geq r_U \Rightarrow$ activació de l'extinció anticipada

19. Mesurament de la rendibilitat regulada

La definició de rendibilitat és essencial. La mesura rellevant no és la TIR de l'accionista ni una rendibilitat després d'impostos. És una TIR de projecte acumulada des de l'inici, no apalancada i abans d'impostos, calculada des del naixement de la concessió fins a cada data de revisió t . Se n'exclouen l'entrada de deute, els interessos, l'amortització del principal, els dividendes, les decisions de palanquejament i l'escut fiscal de l'impost sobre societats. D'aquesta manera, el llindar és substancialment independent de l'estructura financera i una mateixa carretera no genera una TIR reguladora diferent només perquè un licitador utilitzi més deute que un altre.

Per claredat, l'article denomina aquesta mesura simplement TIR regulada de projecte. Una denominació literal seria TIR acumulada de projecte, no apalancada i abans d'impostos. És acumulada perquè cada càlcul incorpora tots els fluxos des de l'inici fins a la data considerada; no apalancada perquè exclou els fluxos de finançament; abans d'impostos perquè exclou l'impost sobre societats i l'escut fiscal del deute; i dinàmica perquè es recalcula durant la vida de la concessió.

El perímetre dels fluxos de caixa regulats s'ha de definir ex ante. La despesa operativa admissible (OPEX), la inversió de construcció i reposició o despesa de capital (CAPEX), les primes concessionals, els costos privats no reemborsables del projecte, les operacions vinculades, els guanys de refinançament i les distribucions extraordinàries requereixen un tractament explícit. L'impost sobre societats i els escuts fiscals derivats del finançament queden fora de la mesura abans d'impostos; altres tributs inevitables que siguin costos econòmics reals del projecte només s'hi inclouen si el contracte els classifica expressament com a admissibles.

L'objectiu no és una regulació retrospectiva ad hoc, sinó una condició contractual d'extinció previsible. El càlcul s'hauria de fer en dates de revisió predeterminades, normalment com a mínim anuals, sobre fluxos de caixa auditats i acumulats des de l'inici. Durant els primers anys la TIR pot ser negativa, no estar definida o no ser econòmicament significativa perquè els fluxos positius acumulats encara no compensen la inversió inicial; en aquest cas, el llindar superior simplement roman inactiu fins que existeix una TIR positiva vàlida de projecte.

$$CF_t^{(NA,AI)} = R_t - OPEX_t^{admissible} - CAPEX_t^{admissible} - C_t^{altres,admissibles} \quad (\text{sense servei del deute, dividendes ni impost sobre societats})$$

20. La referència inferior no és una garantia

A la banda baixa, el model utilitza un saldo regulat de recuperació. El concessionari parteix de la inversió admissible I_0 i el saldo pendent evoluciona aplicant la taxa de referència baixa i restant el flux net de caixa admissible (NCF) procedent del peatge.

La taxa de referència pot ser un tipus real baix fix, l'interès legal, una referència vinculada al deute públic o un altre índex transparent.

La seva funció no és garantir rendibilitat a l'inversor. Només determina si l'operador pot entrar o continuar en el període extraordinari de recuperació.

$$\begin{aligned} B_0 &= I_0 \\ B_t &= B_{t-1}(1+r_R) - NCF_t \\ r_R &\neq \text{TIR mínima garantida} \end{aligned}$$

21. Durada ordinària i extraordinària

En arribar al final del període ordinari T_0 , es comprova el saldo de recuperació. Si ja s'ha extingit, la concessió finalitza normalment.

Si queda saldo positiu, la concessió pot entrar en un període extraordinari de recuperació establert des del principi. Durant aquesta fase, el peatge s'extingeix tan bon punt el saldo desapareix.

Si s'arriba a la durada màxima absoluta $T_{\max}$ i encara queda saldo positiu, la concessió finalitza igualment i el dèficit residual l'assumeix l'inversor.

si $B_{T_0} \leq 0 \Rightarrow$ extinció ordinària

si $B_{T_0} > 0 \Rightarrow$ període extraordinari

si $B_t \leq 0$ per $T_0 < t < T_{\max} \Rightarrow$ extinció

si $t = T_{\max} \Rightarrow$ extinció independentment de B_t

22. La regla asimètrica completa

La concessió és deliberadament asimètrica. Un èxit excepcional escurça la franquícia; un rendiment moderadament insuficient pot allargar-la; un rendiment extremadament dolent acaba convertint-se en pèrdua privada.

No és ni una concessió convencional de termini fix ni una garantia pública de rendibilitat. És un corredor asimètric de rendibilitat-durada.

èxit excepcional $\rightarrow$ concessió més curta

rendiment insuficient moderat $\rightarrow$ temps addicional

rendiment extremadament baix $\rightarrow$ pèrdua privada residual

23. La durada com a amortidor

La intuïció central és transformar una part del risc d'ingressos en risc de durada. Amb una concessió rígida de quaranta anys, un trànsit molt alt pot generar una renda extraordinària i un trànsit baix pot portar a insolvència.

Amb una estructura variable, un trànsit molt alt pot escurçar la durada i un trànsit baix pot allargar-la. El contracte absorbeix errors de previsió moderats mitjançant temps i no mitjançant intervenció fiscal immediata.

transformar part del risc d'ingressos en risc de durada

24. Per què conservar una part de l'upside?

El concessionari no ha de quedar regulat a la taxa baixa de recuperació. Si r_R és l'1% i r_U el 15%, el contracte no s'extingeix al 5%, 7% o 10%. Aquests resultats es mantenen dins la zona empresarial ordinària.

Això respon a una feblesa reconeguda de certes concessions flexibles: si s'elimina tot l'upside mentre es conserva una part significativa del downside, la participació privada esdevé innecessàriament cara o desapareix.

El model reserva la intervenció per a les cues de la distribució i evita microregular la rendibilitat normal.

$r_R < TIR < r_U \Rightarrow$ resultat empresarial ordinari

25. Per què la referència inferior ha de ser baixa

Si l'Estat garantís tota la recuperació de la inversió més una taxa baixa, l'esquema podria assemblar-se a endeutament públic canalitzat per un intermediari privat. No és això el que es proposa.

L'Estat concedeix temps addicional, no diners garantits. La recuperació continua sent incerta i el capital privat continua realment exposat al risc.

Això preserva incentius per fer previsions realistes, controlar la construcció i operar eficientment.

dret d'extensió $\neq$ garantia de pagament

26. Precedents mundials: les peces ja existeixen

L'arquitectura combina deliberadament instruments que ja existeixen per separat. Suïssa il·lustra la vinyeta de xarxa; Àustria, la coexistència entre xarxa de vinyeta i trams amb peatge separat; Noruega, peatges de projecte finits; Xile, concessions de durada variable; Califòrnia, límits de rendibilitat; i Espanya, desviament regulat de trànsit pesant cap a autopistes de peatge.

Altres casos són advertiments més que models. Les radials de Madrid mostren el perill de previsions optimistes de demanda voluntària, mentre que Sydney mostra el problema de legitimitat quan les restriccions semblen dissenyades principalment per sostenir els ingressos concessional.

Jurisdicció / model	Element rellevant	Relació amb la proposta
Suïssa	Vinyeta general d'autopista	Capa d'accés a la xarxa madura
Àustria	Vinyeta més trams amb peatge separat	Separa accés de xarxa i peatge específic de projecte
Noruega	Peatges de projecte que acaben amb deute/període	Finalitat de finançament finita
Xile / LPVR	Durada adaptada als ingressos reals	Transforma risc de demanda en durada
SR-91, Califòrnia	Sostre de rendibilitat i control d'excedents	Límit superior de rendiment
Espanya / AP-7, AP-2	Desviament de pesants cap a autopistes de peatge	Assignació regulada de trànsit
Catalunya	Mercaderies de pas orientades a autopistes/autovies	Assignació actual a escala de xarxa
Radials de Madrid	Demanda feble malgrat nova capacitat	Advertiment sobre viabilitat voluntària
Sydney Cross City Tunnel	Canalització de trànsit controvertida	Advertiment contra coerció orientada a ingressos

27. Què pot ser realment novedós?

L'article no reivindica com a nous la vinyeta, el peatge de projecte, la subhasta concessional, els terminis flexibles, l'LPVR, els límits de rendibilitat, les rutes obligatòries de mercaderies ni les extensions concessionals considerades per separat.

La contribució potencial és arquitectònica: combinar tarificació de xarxa madura, finançament de nova capacitat, assignació regulada ex ante, risc residual privat, un corredor asimètric de rendibilitat-durada i la migració final de l'actiu amortitzat a la xarxa madura.

El règim institucional segueix, per tant, l'edat econòmica i l'estat de finançament de l'actiu.

nova capacitat $\rightarrow$ concessió $\rightarrow$ amortització/recuperació $\rightarrow$ xarxa madura

Una contribució opcional addicional és separar la propietat de la carretera de la propietat econòmica de la renda de congestió. La renda dinàmica d'escassetat se subhasta independentment, el seu valor inicial es converteix en un senyal de mercat sobre l'escassetat futura de capacitat i el concessionari internalitza una part calibrada d'aquest valor, conservant alhora l'opció de reoptimitzar el disseny a un cost real abans de construir. La tarificació dinàmica d'autopistes i els preus de congestió són instruments coneguts; la vinculació entre

subhasta separada de renda de congestió, contribució d'adequació de capacitat i opció de redisseny previ a l'obra sembla molt menys estàndard i mereix contrast empíric específic.

28. La tarificació de congestió continua sent un instrument separat

Una autopista amortitzada no ha de tenir necessàriament preu marginal zero. La congestió genera un cost extern perquè cada vehicle addicional retarda la resta.

La lògica pigouviana i de Vickrey justifica, per tant, un càrrec de congestió fins i tot quan el cost de construcció ja s'ha recuperat. Però la justificació és l'escassetat i la congestió, no el retorn del capital històric.

La separació funcional és essencial: els càrrecs de manteniment han de finançar manteniment, els peatges de projecte han de finançar inversió nova i els càrrecs de congestió han de posar preu a la congestió.

$$SMC(q) = t(q) + q \cdot dt(q)/dq$$

$$\tau^* = q \cdot dt(q)/dq$$

29. Tarificació dinàmica en autopistes i trànsit protegit

La tarificació dinàmica de congestió no és exclusiva dels cordons urbans. Les managed lanes i express lanes nord-americanes ja modifiquen peatges segons l'hora o en resposta a condicions de trànsit en temps real per mantenir una velocitat o nivell de servei objectiu. La Federal Highway Administration tracta aquesta tarificació com una eina activa de gestió de demanda basada en llindars de rendiment predefinit i monitoratge continu.

El model proposat distingeix entre un peatge base ordinari i un recàrrec extraordinari de congestió. El concessionari pot conservar una tarifa previsible, inclosos preus normals de vall i punta establerts contractualment. El recàrrec dinàmic només s'activa quan les condicions objectives de trànsit s'apropen al llindar de servei regulat.

El trànsit protegit o d'ancoratge s'ha de tractar separatament. Si una classe de mercaderies està legalment obligada a utilitzar la via perquè el projecte s'ha concebut parcialment per a aquest trànsit, la seva tarifa ha de continuar sent previsible. Per tant, pot quedar limitada al peatge base o a la graella normal vall/punta, sense recàrrec extraordinari de congestió excepte si el contracte original ho preveu expressament. Els usuaris discrecionals que tenen alternatives i compren velocitat o fiabilitat són candidats més naturals al recàrrec dinàmic.

Ni el concessionari viari ni el futur titular del dret a la renda de congestió han de controlar l'algoritme de preus. L'autoritat pública o un regulador independent ha d'establir ex ante la fórmula i l'objectiu de servei utilitzant variables observables com velocitat, densitat, flux i nivell de servei. El que es subhasta és, doncs, un dret econòmic sobre la recaptació resultant, no la facultat discrecional de crear càrrecs de congestió.

$$p_i(t) = p_i^B(t) + e_i \cdot p_i^C(t)$$

$$e_i = 0 \text{ per al trànsit protegit; } e_i = 1 \text{ per al trànsit discrecional elegible}$$

$$p_i^C(t) = 0 \text{ mentre es compleixi el llindar de servei regulat}$$

30. Externalització de la renda de congestió, contribució de capacitat i reoptimització del disseny

Si el concessionari viari rep alhora el peatge ordinari i la renda extraordinària d'escassetat, pot aparèixer un incentiu pervers. Una via més estreta pot ser més barata de construir i, si la congestió mateixa augmenta els ingressos, l'operador pot tenir massa poc incentiu per aportar capacitat suficient. El mòdul opcional proposat separa la propietat de la carretera de la propietat econòmica de la renda extraordinària de congestió.

Quan el projecte tècnic detallat del concessionari ha estat aprovat i publicat, l'Estat subhasta un dret econòmic de durada determinada sobre els futurs ingressos admissibles del recàrrec de congestió. Sigui A l'oferta inicial guanyadora. L'adjudicatari paga A a l'Estat; l'Estat monetitza així al present una part d'una futura taxa o càrrec de congestió. El comprador no explota la carretera ni decideix el recàrrec: simplement rep els ingressos generats per la regla pública durant el període contractat.

Simultàniament, el concessionari viari assumeix una contribució d'adequació de capacitat vinculada al valor revelat A . En la versió més simple paga λA a l'Estat, on λ és una fracció o multiplicador calibrat. Per tant, l'Estat rep A de l'adjudicatari del dret de congestió més la contribució separada del concessionari. Una variant refinada pot aplicar la contribució només per sobre d'un valor de congestió de referència A^* , o ajustar λ segons el grau real de discrecionalitat que el concessionari tenia sobre la capacitat. L'objectiu és no penalitzar escassetat inevitable i, alhora, fer costosa la insuficiència evitable de capacitat.

La primera subhasta és condicional. Abans del tancament financer i de l'obra, el concessionari pot exercir una única opció de reoptimització del disseny si el valor de congestió revelat fa que la capacitat proposada resulti econòmicament poc atractiva. Es tracta d'una revisió del projecte tècnic, no del concepte constructiu de replanteig físic. El concessionari paga un cost de reobertura no recuperable i assumeix tots els costos de redisseny i de construcció addicional. L'autoritat aprova i publica de nou el projecte i la subhasta del dret de congestió es repeteix.

Sigui A_0 el valor de la primera subhasta. Un cost simple de reobertura pot ser $D = \rho \lambda A_0$. Si, per exemple, la contribució inicial de capacitat hauria estat de 500 milions i $\rho = 20\%$, reobrir el projecte costaria immediatament 100 milions. Tot i així, el concessionari pot preferir assumir aquest cost, afegir capacitat i afrontar una segona subhasta amb un valor A_1 molt inferior. La càrrega final és aleshores el cost enfonsat de reobertura més la contribució associada al disseny definitiu.

El mecanisme crea un senyal de mercat abans de construir. Un A elevat indica que inversors independents esperen una escassetat futura valuosa amb el disseny publicat. Com que el concessionari internalitza una part calibrada d'aquest senyal però també paga el cost dels carrils addicionals, té incentius per triar una capacitat on el cost marginal d'ampliar s'equilibri amb el cost esperat d'escassetat. El mecanisme no busca congestió zero: una certa congestió pot ser econòmicament eficient. La finalitat és desincentivar la infradimensió deliberada o negligent i millorar l'experiència de l'usuari abans de decisions d'obra irreversibles.

Per evitar cicles estratègics, el nombre de revisions ha de ser limitat i cada reobertura ha de tenir un cost real no recuperable. El dret sobre la renda de congestió també es pot subhastar per trams temporals finits i no necessàriament per tota la vida concessional, permetent revaloracions futures quan canviï tecnologia i demanda.

Ingressos de l'Estat amb el disseny final = $A + \lambda A$ (forma base)

Contribució d'adequació = $\lambda \cdot \max(0, A - A^*)$ (variant amb referència)

$$D = \rho \lambda A_0$$

Càrrega final del concessionari després de revisar = $D + \lambda A_1$

més escassetat esperada $\rightarrow A$ més alt $\rightarrow$ més incentiu a aportar capacitat eficient

31. Evitar la doble imposició funcional

Una arquitectura coherent ha de minimitzar càrrecs superposats per a la mateixa funció. La normativa de la UE limita, amb determinades excepcions, la imposició simultània d'un peatge i una taxa temporal sobre la mateixa categoria de vehicle i el mateix tram.

El model de cicle de vida encaixa naturalment amb aquesta lògica: mentre la nova infraestructura està sota peatge de projecte, pot quedar fora de la xarxa de vinyeta; quan acaba la concessió específica, entra al règim general.

mentre hi ha peatge de projecte: $N \notin V$
després de l'extinció: $N \in V$

32. Salvaguardes jurídiques europees

Una aplicació europea ha d'observar la no-discriminació, la proporcionalitat, l'existència de risc operacional real, la transparència de l'adjudicació i les regles sobre durada i modificació de concessions.

Les clàusules d'assignació de trànsit i d'extensió extraordinària haurien de constar en la documentació inicial de la concessió, no negociar-se retrospectivament després d'una crisi financera.

El model teòric pot estudiar horitzons molt llargs —vuitanta o cent anys—, però l'aplicació concreta ha de respectar la legislació vigent de la jurisdicció corresponent.

model econòmic $\neq$ permís legal actual

33. Principi de no-rescat

El model ha de contenir una regla expressa segons la qual l'error de previsió, per si sol, no genera dret a compensació pública.

Si la demanda és baixa, el primer amortidor és el temps. Si el període addicional continua sent insuficient i s'arriba al hard stop, el saldo pendent es perd.

Això desincentiva la seqüència d'oferta optimista, adjudicació, dèficit de trànsit, renegociació i rescat públic que ha afectat nombroses PPP.

error de previsió, per si sol, $\neq$ dret a compensació

34. Risc regulador induït pel govern

El risc de mercat s'ha de distingir del canvi unilateral del govern. Si una concessió es licita sobre la base d'una regla explícita d'assignació de trànsit i un govern posterior elimina aquesta regla, la pèrdua resultant no és risc ordinari de demanda.

Pot estar justificada una regla de reequilibri o compensació predeterminada per a canvis regulatoris imputables a l'Administració, mantenint privat el risc normal de mercat.

risc de mercat $\neq$ canvi regulador unilateral

35. Sense protecció general de no competència

L'Estat hauria d'evitar comprometre's a no construir infraestructura competidora durant dècades. Aquestes clàusules poden bloquejar inversions futures beneficioses.

L'assignació de trànsit és conceptualment diferent. El concessionari pot confiar en les regles de trànsit licitades, però no hauria de tenir dret de veto sobre política d'infraestructures futura o canvi tecnològic.

Un principi útil és: protegir la regla contractual, no el concessionari davant de qualsevol desenvolupament futur.

36. Aplicació a l'AP-7 a Catalunya

L'AP-7 és un cas pràctic especialment adequat perquè la seva història concentra gairebé tots els elements discutits. Va ser un dels grans corredors de peatge de l'Estat, les concessions històriques van finalitzar el 2021 i el trànsit va créixer fortament després de l'aixecament dels peatges.

Estudis posteriors han descrit trams importants com a propers al límit de capacitat, i la congestió s'ha convertit en una preocupació recurrent.

El marc de cicle de vida suggereix que el debat no s'ha de reduir a escollir entre AP-7 completament gratuïta o restaurar simplement l'antic peatge.

37. Fase I: tractar l'AP-7 existent com a infraestructura madura

La concessió històrica ha acabat. L'AP-7 existent es pot classificar conceptualment com a infraestructura madura i no sotmetre-la automàticament de nou a un peatge de recuperació de capital.

En l'arquitectura proposada, l'autopista existent formaria part d'un règim general de finançament de xarxa. Per als vehicles lleugers podria ser una vinyeta nacional o del nivell competent; per als pesants, un càrrec per distància sembla més coherent amb la direcció de la política europea.

Aquest enfocament també redueix l'asimetria territorial històrica produïda quan autopistes similars es financen de manera diferent simplement pel moment i el lloc de construcció.

$$AP7_E \subset \text{règim de xarxa madura}$$

38. Fase II: separar congestió i finançament

Si determinats trams de l'AP-7 continuen congestionats, la pregunta no hauria de ser com restaurar recaptació per peatge, sinó quin instrument millora més el benestar davant l'escassetat.

Una resposta és la tarificació de congestió. Una altra és augmentar físicament la capacitat. La tria ha de derivar d'una anàlisi cost-benefici, no de conveniència recaptatòria.

$$\text{si } Q > K: \text{avaluar } \tau_c \text{ versus } \Delta K$$

39. Fase III: construir nova capacitat on estigui justificada

Quan el valor social de capacitat addicional superi el cost, la nova infraestructura podria ser un tram d'autopista paral·lel, capacitat exprés segregada, carrils de mercaderies, una variant important o una altra ampliació substancial.

Aquesta nova capacitat, a diferència de l'AP-7 històrica, representa capital fresc i pot finançar-se mitjançant un peatge específic de projecte.

$$AP7_N \rightarrow \text{concessió específica de projecte}$$

40. Fase IV: mercaderies regulades com a trànsit d'ancoratge

El caràcter logístic de l'AP-7 fa que el corredor sigui especialment adequat per al component d'assignació regulada. Catalunya ja orienta els vehicles pesants de trànsit cap a autopistes i autovies, i el dret espanyol ha permès desviaments obligatoris cap a autopistes de peatge.

Una concessió de nova capacitat podria especificar abans de licitar que determinades categories de mercaderies de llarg recorregut han d'utilitzar la nova infraestructura, amb excepcions per repartiment local, trànsit amb origen o destinació a la zona, emergències i altres supòsits justificats.

La finalitat ha de ser seguretat, fluïdesa, medi ambient, preservació del ferm i fiabilitat logística, no una promesa d'ingressos concessionals.

$$Q_{AP7_N} = Q_V + \alpha Q_H$$

41. Fase V: fer assequible l'ús obligatori

Si una categoria d'usuaris està legalment obligada a utilitzar una infraestructura de peatge, la política tarifària mereix una cura especial. El trànsit captiu no ha de convertir-se en una excusa per a l'extracció monopolística.

La categoria pesada regulada podria pagar un peatge inferior al trànsit voluntari premium o rebre crèdits parcials contra altres càrrecs de xarxa. El precedent espanyol ja combina desviament obligatori i bonificacions.

$$p_H < p_V$$

En una aplicació a l'AP-7, el transport pesant de llarg recorregut obligat a utilitzar la nova via podria quedar protegit del recàrrec dinàmic extraordinari i pagar només la graella base/vall/punta publicada. Els vehicles lleugers discrecionals que busquin una ruta premium més ràpida o fiable podrien afrontar el recàrrec dinàmic quan el llinar de servei estigués amenaçat. Un cop publicat el pla detallat de carrils, l'Estat podria subhastar separatament el dret sobre la renda admissible de congestió i utilitzar el seu valor de mercat com a senyal opcional d'adequació de capacitat abans de construir.

Si la primera subhasta revelés un valor d'escassetat inesperadament alt, el concessionari podria acceptar la contribució calibrada corresponent o reobrir el disseny assumint un cost no recuperable, per exemple afegint carrils o redissenyant colls d'ampolla, i repetir després la subhasta. Això converteix el mecanisme de congestió en preventiu i no només operatiu: pot modificar la carretera abans de construir-la i no limitar-se a racionar trànsit quan la congestió ja existeix.

42. Fase VI: aplicar la concessió asimètrica

La nova capacitat de l'AP-7 podria utilitzar l'estructura concessional asimètrica descrita. A tall purament il·lustratiu: quaranta anys de període ordinari, un 15% de llinar superior de TIR, una referència baixa d'entorn de l'1% o un altre índex públic i un màxim absolut de vuitanta anys.

Si el trànsit és extraordinàriament alt i el llinar superior s'assoleix aviat, el peatge específic pot desaparèixer anticipadament. Si la recuperació continua incompleta al final del termini ordinari, la concessió pot continuar. Si al hard stop encara queda saldo, la concessió acaba i l'inversor assumeix la pèrdua residual.

El mecanisme dona temps addicional a la baixa sense garantir diners a la baixa.

43. La concessió continua tenint risc

El trànsit pesant regulat millora la visibilitat de demanda, però no elimina la incertesa. Volums de mercaderies, macroeconomia, cost de construcció, finançament, manteniment, trànsit voluntari i tecnologia continuen sent riscos.

El límit absolut és essencial perquè preserva la possibilitat real de pèrdua i evita que l'extensió es converteixi en una garantia sobirana de facto.

$$P(\text{pèrdua}) > 0$$

44. Fase VII: l'autopista deixa finalment de ser «de peatge»

Quan s'extingeix el dret de finançament específic, la nova carretera ha de migrar al règim de xarxa madura. El manteniment futur passa a finançar-se amb l'arquitectura general i no perpetuant el peatge original.

Això crea un cicle dinàmic: la carretera nova és temporalment un actiu de capital finançat amb peatge i, posteriorment, es converteix en infraestructura comuna ordinària.

Si dècades després reapareix l'escassetat, la societat torna a valorar tarificació de congestió o nova capacitat, en lloc d'assumir que l'instrument de finançament d'ahir ha de continuar per sempre.

$$\text{carretera nova} \rightarrow \text{actiu temporal de peatge} \rightarrow \text{infraestructura comuna madura}$$

45. Per què la proposta no és antipeatge

El marc permet càrrecs d'accés a la xarxa, pagament per distància dels pesants, peatges de projecte, càrrecs de congestió i diferenciació ambiental. Per tant, admet més tarificació diferenciada, no necessàriament menys.

El que rebutja és la confusió funcional: un peatge justificat per inversió nova no ha de sobreviure indefinidament només perquè existeix la tecnologia de cobrament; un preu de congestió no s'ha de presentar com a retorn del capital històric.

46. Representació compacta del model

L'arquitectura completa es pot resumir com una seqüència de finançament de xarxa madura, gestió de congestió, inversió en nova capacitat, arquitectura regulada de trànsit, regles concessionals limitades i transició final de cicle de vida.

$$\begin{aligned}E &\rightarrow V \\ \text{si } Q_E > K_E &\Rightarrow \tau_c \\ \Delta K > 0 &\Rightarrow N \\ N &\rightarrow p_{NQ}N \\ Q_N &= Q_V + \alpha Q_R \\ TIR \geq r_U &\Rightarrow \text{sortida anticipada} \\ t = T_0 \text{ i } B_t > 0 &\Rightarrow \text{extensió} \\ B_t \leq 0 \text{ després de } T_0 &\Rightarrow \text{sortida} \\ t = T_{\max} &\Rightarrow \text{sortida absoluta} \\ N &\rightarrow E\end{aligned}$$

47. Relació amb el disseny de la licitació

Aquest article s'atura deliberadament abans d'especificar la subhasta òptima. Un cop fixats infraestructura, fórmula tarifària, règim d'assignació i regles asimètriques de durada, queda una qüestió separada: com ha d'adjudicar l'Estat el dret d'exploitar aquest monopoli natural regulat?

Una família possible de licitacions permetria al mercat revelar si la franquícia té valor privat positiu o negatiu. Si és positiu, les empreses podrien competir oferint la prima més alta a l'Administració assumint alhora el cost de l'obra. Si cap operador la considera viable, la competència podria passar a minimitzar la subvenció requerida.

La maledicció del guanyador, les previsions estratègiques, les garanties d'oferta, els incentius a renegociar i el tractament de la prima concessional mereixen una anàlisi separada en un article complementari.

$$\begin{aligned}\text{si } V_C > 0: &\text{maximitzar prima } P \\ \text{si } V_C < 0: &\text{minimitzar subvenció } S\end{aligned}$$

48. Limitacions i agenda de recerca

Cal aprofundir en diverses qüestions: l'assignació de trànsit pot alterar el trànsit total i no només redistribuir-lo; les rutes obligatòries poden produir efectes distributius heterogenis; el ferrocarril pot dominar l'ampliació viària; el compte de recuperació ha de tractar amb cura inflació, refinançament i capex de reposició; un sostre de TIR pot crear comportament estratègic prop del llindar; i horitzons molt llargs plantegen problemes de governança i equitat intergeneracional.

El canvi tecnològic —electrificació, vehicle autònom, tarificació per satèl·lit i automatització logística— també pot alterar l'arquitectura òptima.

Finalment, la implementació jurídica varia entre jurisdiccions. El marc conceptual s'ha de distingir de la forma concessional permesa avui en qualsevol sistema jurídic concret.

49. Discussió: per què importa la perspectiva de cicle de vida

El llenguatge convencional classifica les carreteres amb etiquetes institucionals permanents: carretera pública, autopista de peatge, concessió, autopista gratuïta. La perspectiva de cicle de vida classifica, en canvi, l'etapa de finançament.

Un edifici finançat amb hipoteca no continua sent un «edifici hipotecat» per sempre perquè un deute va ser necessari per construir-lo. Igualment, una infraestructura no ha de continuar sent «de peatge» per sempre perquè els peatges van finançar la construcció inicial.

La pregunta rellevant no és si històricament hi havia peatge, sinó quina funció econòmica compleix avui el càrrec.

etapa de finançament > tipus permanent de carretera

La seqüència de licitació afegeix una disciplina addicional: els costos públics o no competitius de sòl i regulació se separen dels costos constructius controlables privadament; s'adjudica la concessió base; es publica el pla detallat de carrils; i només aleshores es valora separatament el dret futur sobre la renda de congestió. Això fa observable l'escassetat esperada abans de construir i dona al concessionari una oportunitat tarifada de millorar el disseny en lloc de beneficiar-se posteriorment d'una congestió evitable.

50. Conclusió

Aquest article proposa tractar la infraestructura viària com un actiu que travessa fases econòmiques. La nova capacitat requereix capital i pot ser legítimament finançada amb una concessió de peatge específica. El corredor es pot gestionar com un monopoli natural, i determinat trànsit es pot assignar a la nova capacitat quan una finalitat d'interès públic independent ho justifiqui.

La concessió ha de conservar risc privat real. Una durada ordinària, un llindar màxim de rendibilitat alt, una referència de recuperació baixa però no garantida i una durada màxima absoluta poden moderar tant l'upside extraordinari com el downside moderat sense garantir la recuperació.

Quan acaba la funció de finançament del projecte, desapareix el peatge específic i la infraestructura passa a la xarxa madura. Els càrrecs de manteniment, els pagaments dels vehicles pesants i la tarificació de congestió poden continuar sent justificats, però vinculats a funcions econòmiques presents i no al fet històric que la carretera va requerir capital.

Els mecanismes individuals tenen precedents sòlids. La contribució potencial és la seva integració en una arquitectura de cicle de vida que substitueix la distinció permanent entre carreteres de peatge i gratuïtes per una distinció econòmicament més significativa entre capital nou, capital madur i capacitat escassa.

finançar la nova capacitat com a nova capacitat

gestionar el corredor com una xarxa

limitar rendes monopolístiques extraordinàries sense garantir rendiments ordinaris

quan acaba el finançament del capital, integrar la via com a infraestructura ordinària

Referències

Albalade, D. i Bel, G. (2009). «Regulating concessions of toll motorways: An empirical study on fixed vs. variable term contracts». *Transportation Research Part A*, 43(2), 219–229.

- Baumol, W. J., Panzar, J. C. i Willig, R. D. (1982). *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*. Harcourt Brace Jovanovich.
- Bel, G. i Fageda, X. (2005). «Is a Mixed Funding Model for the Highway Network Sustainable Over Time? The Spanish Case». *Research in Transportation Economics*, 15, 187–203.
- Demsetz, H. (1968). «Why Regulate Utilities?». *Journal of Law and Economics*, 11(1), 55–65.
- de Rus, G. i Romero, M. (2004). «Private financing of roads and optimal pricing: Is it possible to get both?». *The Annals of Regional Science*, 38, 485–497.
- Engel, E., Fischer, R. i Galetovic, A. (2001). «Least-Present-Value-of-Revenue Auctions and Highway Franchising». *Journal of Political Economy*, 109(5), 993–1020.
- Parlament Europeu i Consell (2014). Directiva 2014/23/UE relativa a l'adjudicació de contractes de concessió.
- Parlament Europeu i Consell (2022). Directiva (UE) 2022/362 sobre la tarificació dels vehicles per l'ús de determinades infraestructures.
- Govern d'Espanya (2015). Llei 37/2015, de carreteres, especialment l'article 38.6.
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. Macmillan.
- Servei Català de Trànsit (2026). Resolució ISP/300/2026 sobre restriccions de circulació a Catalunya.
- Ubbels, B. i Verhoef, E. T. (2008). «Auctioning concessions for private roads». *Transportation Research Part A*, 42(1), 155–172.
- Vassallo, J. M. (2010). «Flexible-Term Highway Concessions: How Can They Work Better?». *Transportation Research Record*, 2187, 22–28.
- Vickrey, W. S. (1969). «Congestion Theory and Transport Investment». *American Economic Review*, 59(2), 251–260.
- World Bank / PPIAF. Toll-Road PPPs: Identifying, Mitigating and Managing Traffic Risk.
- Confederació Suïssa. Informació oficial sobre la vinyeta d'autopista (ch.ch).
- ASFINAG. Informació oficial sobre el sistema austríac de vinyeta i peatges de tram.
- AutoPASS / Norwegian Public Roads Administration. Informació oficial sobre el sistema noruec de peatges.
- Federal Highway Administration / U.S. Department of Transportation. Materials sobre la concessió de les SR-91 Express Lanes.
- World Bank PPP Resource Center. Materials sobre el Sydney Cross City Tunnel i riscos de trànsit en concessions viàries.
- Banc Mundial. Public-Private Partnerships Reference Guide, Version 3. Guia sobre assignació de riscos i adquisició de sòl. <https://ppp.worldbank.org/sites/default/files/2024-08/PPP%20Reference%20Guide%20Version%203.pdf>
- Federal Highway Administration (FHWA). Managed Lanes: A Primer. https://ops.fhwa.dot.gov/publications/managelanes_primer/
- Federal Highway Administration (FHWA). Value Pricing Terminology: priced express lanes and dynamic tolling. <https://www.fhwa.dot.gov/policy/otps/terminology.cfm>

Fonts oficials i institucionals seleccionades

- <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/23/oj/eng>
- <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/362/oj/eng>
- <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10439>

- <https://www.boe.es/eli/es-ct/res/2026/02/06/isp300/con>
- <https://www.ch.ch/en/vehicles-and-traffic/how-to-behave-in-road-traffic/motorway-vignette/>
- <https://www.asfinag.at/en/toll/vignette/>
- <https://www.autopass.no/en/user/the-road-toll-system/>
- https://www.fhwa.dot.gov/ipd/project_profiles/ca_91expresslanes.aspx
- <https://ppp.worldbank.org/toll-road-ppps-identifying-mitigating-and-managing-traffic-risk>
- <https://mobilitat.racc.cat/informe-evolucio-del-transit-i-la-sinistralitat-a-lap-7/>